

STUDI PERENCANAAN INSTALASI PENERANGNAN JALAN UMUM (PJU) MENGUNAKAN PANEL SURYA DI DESA PESSE KECAMATAN DONRI DONRI KABUPATEN SOPPENG

Darmawan Hidayat¹, Yusuf Mapeasse, Firdaus³
^{1,2,3}Jurusan Pendidikan Teknik Elektro, Universitas Negeri Makassar
[¹darmawanhidayat73@gmail.com](mailto:darmawanhidayat73@gmail.com)

ABSTRAK

Penelitian ini bertujuan untuk mengkaji perencanaan sistem Penerangan Jalan Umum Tenaga Surya (PJUTS) di Poros Walemping Desa Pesse Kecamatan Donri-Donri Kabupaten Soppeng sesuai Permen Perhubungan No 27 Tahun 2018 tentang alat penerangan jalan. Saat ini di sebagian besar ruas jalan Poros Walemping Desa Pesse Kecamatan Donri-Donri Kabupaten Soppeng belum tersedia lampu penerangan jalan umum, Padahal saat ini di Poros Walemping akan diperuntukkan sebagai akses untuk menuju Kabupaten Barru yang tentunya akan cukup banyak kegiatan yang dilakukan di malam hari. Dengan mempertimbangkan faktor keselamatan pengguna jalan dan keamanan lingkungan sekitar maka perlu direncanakan penerangan jalan umum dengan memanfaatkan energi dari sumber terbarukan yaitu energi surya. Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan, di sepanjang ruas jalan Poros Walemping Desa Pesse Kecamatan Donri-Donri Kabupaten Soppeng diperlukan sebanyak 280 buah PJUTS dengan masing- masing tiang berjarak 25 meter dengan tinggi tiap tiang adalah 7 meter. Pada tiap-tiap tiang PJUTS terdiri dari sebuah lampu LED 40 Watt, sebuah panel surya dengan kapasitas 160 Wp tipe polikristalin, sebuah baterai dengan kapasitas 150 Ah, dan sebuah SCC tipe MPPT dengan kapasitas arus 20 A.

Kata kunci: Penerangan Jalan, PJUTS, Panel Surya.

PENDAHULUAN

Perkembangan zaman dan kemajuan teknologi yang semakin pesat mengakibatkan kebutuhan akan energi sangat tinggi. Kebutuhan energi di Indonesia masih mengandalkan minyak bumi sebagai sumber utama kebutuhan energi. Sementara itu tidak dapat dipungkiri bahwa sumber energi ini semakin langka dan mahal. Salah satu pemakaian listrik yang banyak digunakan masyarakat saat ini adalah sebagai sumber penerangan. Semakin meningkatnya tingkat mobilitas masyarakat membuat semua kegiatan memerlukan penerangan jalan.

Penerangan jalan umum (PJU) tenaga surya dapat diaplikasikan di berbagai tempat, antara lain, jalan umum, lampu taman, area kampus, lingkungan perumahan, area stasiun pengisian bahan bakar (SPBU), area pabrik, lampu penerangan daerah wisata, lampu dermaga, dan lain-lain. Dengan sistem pemasangan yang cepat dan mudah, PJU LED Tenaga Surya dapat menjadi solusi yang tepat dalam mengatasi kebutuhan penerangan jalan umum. Adapun faktor keandalan PJU tenaga surya yaitu apabila terjadi gangguan pada system kelistrikan PLN tidak akan mempengaruhi kinerja PJUTS, karena sumber energi tidak berasal dari PLN.

Berdasarkan observasi yang telah dilakukan Desa Pesse terletak di Barat Daya Kecamatan Donri-donri dan berbatasan langsung dengan Desa Kamiri Kecamatan Balusu Kabupaten Barru. Desa ini memiliki beberapa potensi wilayah seperti pertanian, perkebunan dan wisata.

Kondisi penerangan jalan umum di Desa Pesse sangat memprihatinkan karena sebagian besar jalan umum belum terpasang instalasi penerangan jalan, terutama jalan yang akan menghubungkan Kabupaten Soppeng dengan Kabupaten Barru (via Walemping) dan sebagian besar penerangan jalan sudah tidak berfungsi karena tidak adanya perawatan dan pembaruan. Sehingga sering terjadi kecelakaan terutama pada malam hari, serta dapat memicu tindak kriminal akibat lampu jalan yang tidak berfungsi.

Panel surya ini dapat digunakan untuk setiap lampu jalan raya yang masih menggantungkan sumber energi listrik dari PLN. PJU Tenaga Surya bisa digunakan untuk penerangan jalan di desa yang belum terdapat lampu jalan.

TINJAUAN PUSTAKA

A. Studi dan Perencanaan

Menurut Kamus Besar Bahasa Indonesia (KBBI), studi adalah penelitian ilmiah; kajian. Sedangkan studi menurut kamus ilmiah adalah pendidikan, pelajar, dan penyelidikan. Studi memiliki beberapa macam pengertian diantaranya yaitu penelitian ilmiah, kajian, telaahan yang di mana dilakukan untuk meneliti gejala sosial dengan menganalisis satu kasus secara mendalam dan utuh (Departemen Pendidikan dan Kebudayaan, 2003)

Perencanaan adalah tahap awal dalam kegiatan suatu organisasi terkait dengan pencapaian tujuan organisasi tersebut. (Suandy, 2001) Perencanaan adalah suatu proses penentuan tujuan organisasi dan kemudian menyajikan dengan jelas strategi, taktik, dan operasi

yang diperlukan untuk mencapai tujuan organisasi secara menyeluruh.

Berdasarkan uraian di atas studi perencanaan penerangan jalan umum adalah instalasi yang dirancang untuk mengetahui bagaimana merencanakan dan mengetahui efisiensi energi listrik pada Penerangan Jalan Umum (PJU). Dapat diartikan pula sebagai lampu penerangan jalan yang dipasang untuk menerangi jalan-jalan umum, PJU dipasang agar masyarakat pengguna jalan dapat melakukan aktifitasnya dengan aman dan nyaman sekaligus untuk membuat suasana jalan terlihat terang dan indah di malam hari. Pemasangan PJU harus mengikuti kaidah instalasi kelistrikan yang berlaku sehingga terjamin keselamatan dalam pemakaiannya.

B. Jenis Jalan

Jalan umum di Indonesia dibagi berdasarkan sistem jaringan jalan, fungsi jalan, status jalan, dan kelas jalan (Permen Perhubungan No 27 Tahun 2018).

- a. Jenis jalan menurut fungsinya:
 1. Jalan Arteri
 2. Jalan Kolektor
 3. Jalan Lokal
- b. Jenis jalan menurut system jaringan:
 1. Sistem jaringan jalan primer
 2. Sistem jaringan jalan sekunder
- c. Jenis jalan menurut statusnya:
 1. Jalan nasional
 2. Jalan provinsi
 3. Jalan kabupaten
 4. Jalan kota
 5. Jalan desa
- d. Jenis jalan Menurut Kelas (berdasarkan spesifikasi penyediaan prasarana jalan):
 1. Jalan bebas hambatan
 2. Jalan raya
 3. Jalan sedang
 4. Jalan kecil

Pertimbangan menggunakan Lampu PJU berbasis Tenaga Surya dan LED:

- a. Daya tahan modul solar panel dan LED

- b. Bersifat mandiri, tanpa jaringan tenaga listrik
- c. Menggunakan energi matahari
- d. Tidak perlu merusak untuk membangun jaringan listrik
- e. Instalasi sangat mudah
- f. Tanpa perawatan
- g. Mudah dipindahkan

C. Fungsi penerangan jalan

Berikut beberapa fungsi dari penerangan jalan (Permen Perhubungan No 27, 2018)

- a. Sebagai alat bantu navigasi pengguna jalan
- b. Meningkatkan keselamatan dan kenyamanan pengguna jalan, khususnya pada malam hari
- c. Mendukung keamanan lingkungan
- d. Memberikan keindahan lingkungan jalan.

D. Komponen- Komponen yang Digunakan

- a. Panel surya



Panel surya adalah alat yang terdiri dari sel surya yang mengubah cahaya menjadi listrik. Mereka disebut surya atau matahari karena matahari merupakan sumber cahaya terkuat yang dapat dimanfaatkan. Panel surya sering kali disebut sel *photovoltaic*, *photovoltaic* dapat diartikan sebagai "cahaya listrik". Sel surya bergantung pada efek *photovoltaic* untuk menyerap energi.

- b. Baterai
- Baterai adalah alat untuk menyimpan sumber dari tenaga

listrik dengan melalui proses elektrokimia sehingga sumber dari tenaga listrik dapat diubah menjadi tenaga kimia dan sebaliknya tenaga kimia menjadi tenaga listrik. Fungsi baterai adalah untuk memberikan sumber tenaga listrik yang cukup pada sebuah peralatan misalnya untuk menghidupkan mobil/motor (starter) serta melayani proses pada sistem pengapian hingga melayani penerangan lampu dan kebutuhan lainnya pada mobil atau motor. Baterai terdiri dari dua jenis yaitu, baterai primer dan baterai sekunder. Baterai primer merupakan baterai yang hanya dapat dipergunakan sekali pemakaian saja dan tidak dapat diisi ulang.

- c. *Solar charge controller*



Solar charge controller adalah peralatan elektronik yang digunakan untuk mengatur arus searah yang diisi ke baterai dan diambil dari baterai ke beban. *Solar charge controller* mengatur *overcharging* (kelebihan pengisian - karena batere sudah 'penuh') dan kelebihan *voltase* dari panel surya/*Panel Surya*, Kelebihan *voltase* dan pengisian akan mengurangi umur baterai.

- d. *Light Emiting Diode (LED)*

Dioda pancaran cahaya sangat umum digunakan dalam kehidupan sehari-hari. Mulai dari indikator cahaya sampai tampilan pada peralatan elektronik. Banyaknya pilihan warna serta output LED

yang rendah membuat LED banyak digunakan dalam peralatan elektronik. LED mengubah energi listrik menjadi energi cahaya. Efek ini dikenal dengan *elektroluminescence*. Warna LED tergantung komposisi dan kondisi material semikonduktor yang digunakan (PT.Hexamitra, 2020).

Menentukan umur pakai Lampu LED didasarkan pada kemampuan untuk memenuhi rekomendasi produsen atas:

- 1) Suhu sekitar.
- 2) Besaran tegangan dan arus.
- 3) Suhu simpangan listrik.
- 4) Penurunan panas.

e. Tiang penerangan jalan

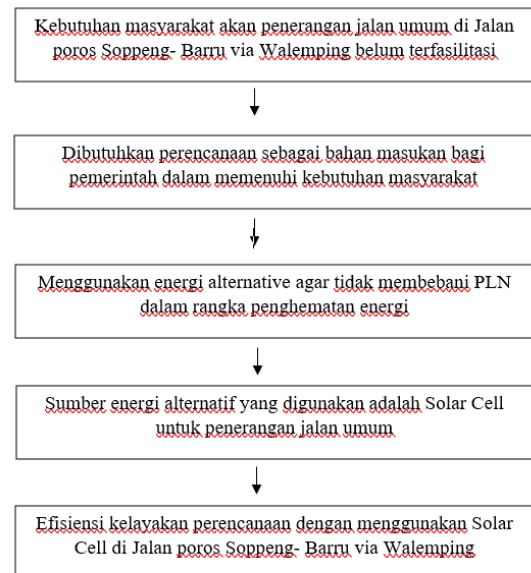
Tiang merupakan komponen yang digunakan untuk menopang lampu. Beberapa jenis tiang yang digunakan untuk lampu jalan adalah tiang besi dan tiang octagonal (Permen Perhubungan No 27, 2018). Berdasarkan bentuk lengannya (*stang ornamen*), tiang lampu jalan dapat dibagi menjadi beberapa bagian sebagai berikut:

- 1) Tiang lampu dengan lengan tunggal
- 2) Tiang lampu dengan lengan ganda
- 3) Tiang lampu tanpa lengan

f. Box panel

Panel adalah kombinasi dari satu atau lebih peralatan pengsakelaran tegangan rendah dengan peralatan kontrol pengaman dan pengatur yang saling berhubungan yang seluruhnya dirancang lengkap dengan sistem pengkabelan listrik dan hubungan mekanik serta bagian kerangka lengkap dan tertutup yang dapat dilihat pada Gambar 2.18 (Permen Perhubungan No 27, 2018).

E. Kerangka Pikir



Gambar 2. 19 Bagan kerangka pikir

METODE PENELITIAN

A. Model Penelitian

Model penelitian yang digunakan peneliti yaitu penelitian deskriptif, yang bertujuan untuk mengetahui bagaimana merencanakan instalasi penerangan jalan umum panel surya di desa Pesse. Metode deskriptif dapat diartikan sebagai prosedur pemecahan masalah yang diselidiki dengan menggambarkan keadaan subjek atau objek dalam penelitian dapat berupa orang, lembaga, masyarakat dan yang lainnya yang pada saat sekarang berdasarkan fakta-fakta yang tampak atau apa adanya.

B. Waktu dan Tempat Penelitian

Penelitian ini dilaksanakan di Jalan poros Soppeng-Barru (via Walemping) Desa Pesse Kecamatan Donri Donri Kabupaten Soppeng. Penelitian ini dilaksanakan pada bulan November 2020 – Desember 2020.

C. Variabel penelitian

Variabel yang diteliti dalam penelitian ini adalah perencanaan instalasi penerangan jalan umum (PJU) menggunakan panel surya.

D. Definisi Operasional Variabel

Variabel penelitian yang didefinisikan adalah perencanaan instalasi penerangan jalan umum, Perencanaan instalasi yang dimaksud dalam penelitian ini adalah kegiatan atau proses yang terdiri dari pengamatan, perencanaan dan penentuan anggaran biaya untuk pembangunan penerangan jalan umum (PJU) menggunakan panel surya di Desa Pesse Kecamatan Donri Donri Kabupaten Soppeng yang dimaksudkan agar dapat menjadi acuan bagi pemerintah dalam pembangunan instalasi penerangan jalan umum dimasa yang akan datang.

E. Objek Penelitian

Objek dalam penelitian ini adalah ruas dan panjang jalan umum poros Soppeng-Barru (via Walemping) Desa Pesse Kecamatan Donri Donri Kabupaten Soppeng.

F. Teknik Pengumpulan Data

Teknik pengumpulan data yang dibutuhkan dalam penelitian ini digunakan teknik pengumpulan data sebagai berikut:

1. Observasi

Observasi dilakukan pengamatan terhadap objek penelitian untuk mengetahui kondisi awal lokasi yang ada di Desa Pesse dan mengetahui informasi mengenai keadaan instalasi penerangan jalan umum yang ada.

2. Dokumentasi

Dokumentasi digunakan untuk mengumpulkan data khususnya ruas dan panjang jalan raya untuk perencanaan penerangan jalan umum pemanfaatan panel surya.

G. Teknik Analisis Data

1. Panel Surya

Untuk menentukan jumlah modul surya yang dibutuhkan dalam suatu pembangkit

listrik, perlu dilakukan beberapa perhitungan antara lain:

a. Mengetahui daya nominal modul

$$P_n = U \times I$$

Dimana:

P_n : Daya nominal modul (Watt)

U : Tegangan (Volt)

I : Arus (Ampere)

b. Mengetahui radiasi rata-rata harian

$$t_r = \frac{\text{Potensi radiasi rata rata}}{\text{Intensitas radiasi}}$$

c. Mengetahui energi modul

$$E_{\text{modul}} = P_n \times t_r$$

Dimana:

E_{modul} : Energi modul (Wh)

P_n : Daya nominal modul (Watt)

t_r : Waktu radiasi (Jam)

d. kapasitas panel surya

$$P_{\text{panel}} = 125\% \times \frac{\text{Energi Beban}}{\text{waktu penyinaran}}$$

□□□

e. Besar fill factor sel surya :

$$FF = \frac{V_m \times I_m}{V_{oc} \times I_{sc}}$$

Efisiensi sel surya

$$n = \frac{V_m \times I_m}{S \times F}$$

Dimana:

FF : Faktor pengisian/fill factor

V_m : Tegangan nominal panel surya (volt)

I_m : Arus nominal panel surya (volt)

V_{oc} : Tegangan open cicuit panel surya (volt)

I_{sc} : Arus short circuit panel surya (volt)

F : Intensitas radiasi matahari yang diterima (watt/m²)

S : Luas permukaan modul sel surya (m²)

2. Baterai

Syarat baterai bekerja secara normal adalah, arus tersimpan di baterai tidakboleh

terkurus lebih dari 25%, sehingga DOD (deep of discharge) = 100% - 25% = 75%. Cadangan beban adalah cadangan daya untuk beban (lampu) apabila panel surya tidak dapat menerima sinar matahari atau dalam satu hari cuaca dalam keadaan mendung, biasanya dibuat cadangan untuk beban dalam satu hari.

$$\text{cadangan beban dalam 1 hari} = \frac{E_{load}}{V}$$

Maka untuk mencari kapasitas baterai PJU tenaga surya adalah :

$$i_b = \frac{\left(\frac{E_{max}}{V_b} + \text{cadangan beban sehari (Ah)}\right)}{DOD \times \eta_{baterai}}$$

3. Solar Charge Controller

$$i_{cc} = \frac{P_{maks}}{FF \times V_{oc}} \times (100\% + \eta_{baterai})$$

4. Tiang lampu penerangan jalan

$$t = \sqrt{h^2 + c^2}$$

Sehingga:

$$\cos \alpha = \frac{h}{t}$$

Dimana:

- h : Tinggi tiang
- t : Jarak lampu ke tengah-tengah jalan
- c : Jarak horizontal lampu-tengah jalan

5. Daya Lampu dan Penerangan

- a. Intensitas cahaya (I) dan iluminasi (E) di suatu bidang adalah fluks cahaya yang jatuh pada 1 meter² dari bidang itu.

$$I = \frac{\Phi}{\omega}, \quad \omega = 4\pi \text{ maka } I = \frac{K \times P}{\omega}$$

- b. Menghitung iluminasi dengan pada titik ujung jalan jarak lampu ke ujung jalan (r)

$$r = \sqrt{h^2 + w^2}$$

- c. Menghitung luminasi

$$L = \frac{I}{\pi r^2 \cos \theta}$$

- d. Menghitung jumlah tiang lampu jalan

Jumlah titik lampu dapat diketahui apabila kita sudah menentukan jarak antar titik tiang lampu. Rumus yang digunakan adalah

$$e = \frac{TL \times CU \times MF}{W \times E}$$

Dimana:

- e : jarak antar tiang lampu (m)
- TL : total lumen tiap lampu (lm)
- W : koefisien kurva kegunaan

- e. Daya Lampu

Besar energi yang terpakai lampu PJU adalah besarnya daya lampu dikali dengan lamanya lampu menyala (beroperasi) adalah

$$E_{load} = P_{load} \times t$$

Dimana:

- E_{load} : Energi yang terpakai (wh)
- P_{load} : Daya beban lampu (watt)
- t : Lama pemakaian beban (jam)

HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Hasil Penelitian

1. Gambaran umum Desa Pesse Kecamatan Donri-Donri Kabupaten Soppeng



Gambar Denah lokasi Desa Pesse Donri-Donri Kabupaten Soppeng menggunakan aplikasi Google Earth

Di Kabupaten Soppeng tepatnya di desa Pesse Kecamatan Donri Donri terdapat Jalan yang akan menghubungkan Kabupaten Soppeng dan Kabupaten Barru (Desa Kamiri) sepanjang 15 Kilometer dan Lebar 13 meter dengan rincian 8 meter untuk jalan 2 meter untuk bahu jalan dan 3 meter untuk irigasi.

Kondisi Penerangan jalan yang ada di daerah tersebut belum sepenuhnya memiliki lampu jalan, tepatnya pada Kampung Campalagie' menuju Kampung Walemping sejauh 7 Km tidak terdapat lampu jalan.

2. Potensi insolasi matahari dan temperatur maksimum di Desa Pesse Kecamatan Donri – Donri Kabupaten Soppeng.

Insolasi matahari dan temperatur maksimum pada Desa Pesse ($-04^{\circ}18'55''$, $119^{\circ}48'19''$) Kecamatan Donri - Donri Kabupaten Soppeng diperoleh dari data satellite solar atlas (<http://globalsolaratlas.info/>) dan (<https://power.larc.nasa.gov/data-access-viewer/>).

Direct Normal Irradiation (DNI) di Desa Pesse Kecamatan Donri – Donri

Kabupaten Soppeng sebesar $3.100 \text{ kWh/m}^2/\text{hari}$. Sedangkan untuk temperatur atau suhu rata-rata harian sebesar $25,1^{\circ}\text{C}$ (Solar Atlas).

Data keseluruhan dari insolasi matahari dan temperature matahari harian di Desa Pesse Kecamatan Donri – Donri Kabupaten Soppeng berdasarkan hasil dari Solar Atlas dan Power Nasa dapat dilihat dari Tabel

Insolasi Matahari dan Temperatur Global Solar Atlas dan NASA

No.	Jenis Data	Besaran Dalam Satuan
1.	Photovoltaic Electricity Output	$3,809 \text{ kWh/kWp/hari}$
2.	Global Horizontal Irradiation	$4,725 \text{ kWh/m}^2/\text{hari}$
3.	Direct Normal Irradiation	$3,100 \text{ kWh/m}^2/\text{hari}$
4.	Maximum Direct Normal Irradiation	$7,07 \text{ kWh/m}^2/\text{hari}$
5.	Minimum Direct Normal Irradiation	$4,09 \text{ kWh/m}^2/\text{hari}$
6.	Diffuse Horizontal Irradiation	$2,398 \text{ kWh/m}^2/\text{hari}$
7.	Global Titled Irradiation	$4,761 \text{ kWh/m}^2/\text{hari}$
8.	Optimum Angle of PV Modules	$7^{\circ}/0^{\circ}$
9.	Air Temperature	$25,1^{\circ}\text{C}$
10.	Maximum Temperature	$29,7^{\circ}\text{C}$
11.	Minimum Temperature	$24,4^{\circ}\text{C}$
12.	Elevation	415m

B. Pembahasan

1. Aspek Teknis

PJU yang direncanakan mengambil lokasi di jalan poros Soppeng-Barru (via Walemping). Sistem penempatann lampu penerangan jalan yang disarankan untuk jalan tersebut yaitu sistem terus menerus yang artinya penerangan jalan terdapat kontinyu di sepanjang jalan, yang dalam proyek ini yaitu 7 km. Berikut besaran-besaran kriteria penerangan jalan yang dipilih dengan mengacu pada standar yang telah ada:

- a. Menghitung jumlah titik lampu yang dibutuhkan

Panjang jalan yang di rencanakan pemasangan instalasi penerangan jalan umum menggunakan panel surya 7 Kilometer dengan lebar jalan 10 meter (8 meter jalan dan 2 meter untuk bahu jalan. Jarak antar titik tiang lampu yang digunakan yaitu 25 meter dimana jarak

tersebut digunakan karena lampu LED 40 watt.

$$T = \frac{L}{S}$$

$$T = \frac{7000}{25}$$

$$T = 280 \text{ Titik}$$

- b. Konsumsi daya PJU Sel Surya dengan lampu LED 40 watt dihidupkan dari pukul 18:00 sampai 06:00 maka sama dengan 12 jam pemakaian. Maka total daya dari lampu dalam 1 hari adalah.

$$\begin{aligned} 1 \text{ Kwh} &= k \times w \times h \\ &= 1/1000 \times 40 \times 12 \\ &= 480 \text{ watt} \\ &= 0,48 \text{ Kwh} \end{aligned}$$

Dengan konsumsi daya lampu per tiang dalam satu hari 480 watt. Maka dengan jumlah titik lampu sebanyak 280, total konsumsi daya lampu 40 watt selama 12 jam adalah:

$$\begin{aligned} &= 280 \times 40 \times 12 \\ &= 134.400 \text{ watt} \\ &= 134,400 \text{ Kwh} \end{aligned}$$

- c. Panel surya

Dalam menentukan kapasitas panel surya, jam efektif sinar matahari mengenai panel surya dalam satu hari rata-rata selama 4 jam. Dengan energi beban sebesar 480 Wh dan memperhatikan faktor-faktor lain seperti *Coloumbic Efficiency*, *oversize factor*, dan *module efficiency* maka kapasitas panel surya yang di butuhkan:

$$P_{pv} = 125\% \times \frac{480}{4} = 150 \text{ Wp}$$

Dengan memperhatikan hasil perhitungan tersebut maka di pilih kapasitas 160Wp, Panel surya atau photovoltaik yang dipilih terbuat dari sel surya silicon *policrystalline* yang memiliki efisiensi cukup tinggi serta lifetime rata-rata 25 tahun, dimana saat mencapai umur tersebut tingkat daya panel surya turun hingga 20%.

Faktor pengisian (fill factor):

$$FF = \frac{V_m \times I_m}{V_{oc} \times I_{sc}} = \frac{17,8 \times 9,01}{22,2 \times 9,64} = 0,749$$

Luas permukaan panel surya:

$$\begin{aligned} &= (1600 \text{ mm}^2 \times 670 \text{ mm}^2) \\ &= 1,072 \text{ m}^2 \end{aligned}$$

Dimana besar intensitas sinar global matahari yang diterima ketika radiasi dalam keadaan maksimum (S) sebesar 1000 watt/m². Maka efisiensi sel surya adalah:

$$\begin{aligned} n &= \frac{V_m \times I_m}{S \times F} \\ &= \frac{17,8 \times 9,01}{1,072 \times 1000} 100\% \\ &= \frac{160,378}{1.072} 100\% \\ &= 14,96\% \end{aligned}$$

Dengan estimasi jumlah sinar global yang diterima di Desa Pesse sebesar 4275 wh/m²/hari, maka dapat diketahui lamanya panel surya harus mendapatkan sinar matahari (t modul) dimana maksimum sinar global sebesar 1000 watt/m²/hari adalah:

$$\begin{aligned} t_{modul} &= \frac{\text{Jumlah sinar global}}{\text{Maksimum sinar global}} \\ &= \frac{4275}{1000} = 4,275 \text{ Jam} \end{aligned}$$

Energi yang dihasilkan panel surya:

$$\begin{aligned} E_{modul} &= P_{nom} \times t_{modul} \\ &= 160 \times 4,275 \\ &= 684.000 \end{aligned}$$

d. Kapasitas baterai

Syarat baterai bekerja secara normal adalah, arus tersimpan di baterai tidak boleh terkuras lebih dari 25%, sehingga DOD (deep of discharge) = 100% - 25% = 75%. Cadangan beban adalah cadangan daya untuk beban (lampu) apabila panel surya tidak dapat menerima sinar matahari atau dalam satu hari cuaca dalam keadaan mendung, biasanya dibuat cadangan untuk beban dalam satu hari.

$$\begin{aligned} \text{cadangan beban dalam 1 hari} \\ = \frac{E_{load}}{V} = \frac{480}{12} = 40 \text{ Ah} \end{aligned}$$

Maka untuk mencari kapasitas baterai PJU tenaga surya adalah :

$$\begin{aligned} i_b &= \frac{\left(\frac{E_{max}}{V_b} + \text{cadangan beban sehari (Ah)}\right)}{DOD \times \eta_{baterai}} \\ i_b &= \frac{\left(\frac{684}{12} + 40\right)}{0,75 \times 0,9} \\ i_b &= \frac{97}{0,675} = 143,70 \text{ Ah} \end{aligned}$$

Sehingga minimal kapasitas arus baterai 143,70 Ah, dan diambil baterai yang berkapasitas 150 Ah.

e. Solar Charge Controller

Tipe solar charge controller ini bisa diprogram mempunyai kemampuan dual load atau dimmable load output. Tipe pengisian Pulse Width Modulation (PWM), mempunyai 4 stage of charge: main, float, boost dan Equalization.

$$i_{cc} = \frac{P_{maks}}{FF \times V_{oc}} \times (100\% + \eta_{baterai})$$

$$i_{cc} = \frac{160}{0,749 \times 22,2} \times (100\% + 90\%)$$

$$i_{cc} = 18,28 \text{ Ampere} \approx 20 \text{ Ampere}$$

f. Tiang lampu

Tiang lampu yang digunakan adalah tiang lampu lengan tunggal dengan tinggi tiang 7 meter dan panjang lengan 2 meter. Sehingga kemiringan lengan dapat dihitung seperti di bawah ini:

$$\begin{aligned} t &= \sqrt{h^2 + c^2} \\ &= \sqrt{7^2 + 3^2} \\ &= 7,61 \end{aligned}$$

Sehingga:

$$\begin{aligned} \cos \alpha &= \frac{h}{t} \\ &= \frac{7}{7,61} \\ &= 0,919 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \alpha &= \cos^{-1} 0,919 \\ &= 23,21^\circ \\ &= 23^\circ \end{aligned}$$

g. Intensitas cahaya (I) dan iluminasi (E)

$$I = \frac{\phi}{\omega}, \quad \omega = 4\pi \text{ maka}$$

$$\begin{aligned} I &= \frac{K \times P}{\omega} \\ &= \frac{40 \times 100}{4 \times 3,14} \\ &= \frac{4000}{12,56} \end{aligned}$$

$$= 318,4 \text{ cd}$$

h. Iluminasi pada titik tengah jalan:

$$E = \frac{I}{t^2} \cos \theta$$

$$= \frac{318,4}{7,61^2} \times \frac{7}{7,61}$$

$$= 5,01 \text{ lux}$$

- i. Menghitung iluminasi dengan pada titik ujung jalan jarak lampu ke ujung jalan

$$\begin{aligned} r &= \sqrt{h^2 + w^2} \\ &= \sqrt{7^2 + 7^2} \\ &= 9,89 \text{ meter} \end{aligned}$$

$$E = \frac{I}{r^2} \cos \theta$$

$$= \frac{318,4}{9,89^2} \times \frac{7}{9,89}$$

$$= 2,303 \text{ lux}$$

- j. Menghitung luminasi

$$\begin{aligned} L &= \frac{I}{4\pi r^2 \cos \theta} \\ &= \frac{318,4}{4 \times 3,14 \times 9,89^2 \times 0,70} \\ &= \frac{318,4}{858,9} \\ &= 0,37 \text{ cd/m} \end{aligned}$$

Hasil perhitungan di atas menunjukkan bahwa kuat pencahayaan (iluminasi) sebuah lampu PJU dipengaruhi oleh tinggi tiang lampu, intensitas cahaya dan jarak lampu ke ujung jalan secara horizontal. Kuat pencahayaan penerangan jalan untuk jalan lokal pada Peraturan Menteri Perhubungan Republik Indonesia Nomor 27 Tahun 2018 Tentang Alat Penerangan Jalan ditetapkan sebesar 0,3 cd/m².

2. Aspek Ekonomis

a. Biaya investasi

Biaya investasi pengadaan penerangan jalan umum tenaga surya (PJUTS) belum termasuk biaya operasional dan perawatan. Harga dari semua komponen dijumlahkan

kemudian didapat biaya investasi per titik tiang lampu.

Penerangan Jalan Umum Tenaga Surya (PJUTS) adalah penerangan jalan umum dimana daya listrik untuk lampu disuplai oleh sistem mandiri yang diperoleh dari energi matahari melalui solarcell. Sistem Penerangan Jalan Umum Tenaga Surya (PJUTS) mempunyai biaya operasi dan perawatan yang rendah dikarenakan PJUTS tidak memerlukan bahan bakar dalam pengoperasiannya. Namun secara umum dapat dikatakan PJUTS memiliki biaya investasi yang relatif besar.

Hasil dari Analisis Teknik PJUTS untuk jalan poros soppeng – barru (via Walemping) desa pesse kecamatan donri donri kabupaten soppeng sekitar sepanjang 7 km. Jarak antar tiang PJUBS adalah 25 m maka jumlah PJUBS yang dibutuhkan 280 tiang.

Analisis Ekonomi yang ditawarkan terdiri dari 2 pilihan, yaitu:

- 1) PJUBS dengan membeli komponen terpisah
- 2) Integrated All in One Solar Street Lighting

Tabel PJUTS dengan membeli komponen terpisah

No.	Nama Komponen	Jumlah	Harga Satuan (Rp)	Total (Rp)
Komponen Pembangkit				
1	Panel Surya Gh 160 Wp	280	950.000	266.000.000
2	Solar Charge Controller MPPT 20A 12V/24V	280	375.000	105.000.000
3	Baterai VRLA 12V 150AH SMT POWER	280	3.450.000	966.000.000
Komponen Beban				
1	Lampu LED 40W	280	430.000	120.400.000
Komponen Pendukung				
1	Tiang 7 Oktagonal Galvanis	280	2.275.000	637.000.000
2	Kabel dan Box Baterai	280	600.000	168.000.000
Pemasangan				
1	Biaya Instalasi	280	1.212.000	339.360.000
2	Keuntungan Perusahaan	280	808.000,0	226.240.000
			Biaya Total	2.828.000.000
			Biaya per Tiang	10.100.000

Acuan harga dari Tokopedia

Tabel PJUTS *All In One*

No.	Nama Komponen	Jumlah	Harga Satuan (Rp)	Total (Rp)
1	Integrated All In One Solar Street Lighting GILAGI A1101	280	4.500.000	1.260.000.000
2	Tiang 7 Oktagonal Galvanis	280	2.275.000	637.000.000
	Pemasangan			
1	Biaya Instalasi	280	1.016.250	284.550.000
2	Keuntungan Perusahaan	280	667.500	189.700.000
			Biaya Total	2.371.250.000
			Biaya per Tiang	8.468.750

Acuan harga dari Tokopedia

b. Biaya Operasional

Permisalan biaya pembersihan panel surya dan pengecekan komponen rumah lampu dilakukan setiap 4 bulan sekali berkisar Rp 10.000,00 untuk setiap titik lampu. Maka biaya yang dikeluarkan untuk 280 titik lampu pada tahun pertama belum termasuk *time value of money* yaitu sebesar Rp 8.400.000,00.

c. Biaya Perawatan

Biaya perawatan merupakan biaya penggantian komponen akibat kerusakan. Untuk mempermudah dan mengakumulasi biaya yang harus terkumpul setiap tahunnya, maka harga masing-masing komponen dibagi dengan *life time* setiap komponen kemudian dijumlahkan.

Tabel Biaya Perawatan Komponen Terpisah

No.	Nama Komponen	Life Time (Tahun)	Harga Satuan (Rp)	Total (Rp)
	Komponen Pembangkit			
1	Panel Surya Gh 160 Wp	25	950.000	38.000
2	Solar Charge Controller MPPT 20A 12V/24V	10	375.000	37.500
3	Baterai VRLA 12V 150AH SMT POWER	10	3.450.000	345.000
	Komponen Beban			
1	Lampu LED 40W	11	430.000	39.090
	Komponen Pendukung			
1	Tiang 7 Oktagonal Galvanis	25	2.275.000	91.000
2	Kabel dan Box Baterai	25	600.000	24.000
	Biaya Total			574.590

Tabel Biaya Perawatan All In One

No.	Nama Komponen	Jumlah	Harga Satuan (Rp)	Total (Rp)
1	Integrated All In One Solar Street Lighting GILAGI A1101	25	4.500.000	180.000
2	Tiang 7 Oktagonal Galvanis	25	2.275.000	91.000
	Biaya Total			271.000

KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian dapat disimpulkan bahwa sebagai berikut:

1. Di sepanjang ruas jalan di Desa Pesse (Poros Walemping) sepanjang 7 KM diperlukan sebanyak 280 PJUTS dengan masing – masing tiang berjarak 25 meter. Tiang yang digunakan adalah tiang besi octagonal dengan tinggi 7 meter dengan sudut kemiringan stang ornamen 23.2^0 . Pada tiap-tiap tiang PJUTS terdiri dari sebuah lampu LED 40 Watt, sebuah panel surya dengan kapasitas 160 Wp tipe *polikristalin*. Jenis baterai yang digunakan yaitu baterai kapasitas 150 Ah, dan sebuah SCC tipe MPPT dengan kapasitas arus 20 A.
2. Berdasarkan hasil ketiga analisis ekonomi, biaya Investasi termurah adalah menggunakan *Integrated All in One Solar Street Lighting* dengan biaya per tiang adalah sebesar Rp8.468.750 dibandingkan dengan membeli komponen terpisah sebesar Rp10.100.000 per tiang.

SARAN

1. Hasil Penelitian ini dapat dijadikan acuan pemasangan Penerangan Jalan Umum Desa Pesse Kecamatan Donri – Donri Kabupaten Soppeng.
2. Dalam pemilihan jenis bahan PJUTS agar memperhatikan setiap spesifikasi bahan yang tentunya harus sesuai dengan standarisasi yang telah ditentukan, karena perbedaan teknologi masing-masing produsen yang berpengaruh pada efisiensi penerangan dan ketahanan PJUTS.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Amin, N. (2011). *Optimasi Sistem Pencerahan dengan Memanfaatkan Cahaya Alami*, Jurnal Ilmiah Foristek Vol.1. Palu:UNTAD.
- [2] Badan Standarisasi Nasional. (2008). *SNI 7391 Spesifikasi Penerangan Jalan di Kawasan Perkotaan*. Jakarta: BSN.
- [3] Departemen Pendidikan dan Kebudayaan . (2003). *Kamus Besar Bahasa Indonesia*. Balai Pustaka.
- [4] Dewan Energi Nasional. (2019). *Outlook Energi Indonesia 2019*. Jakarta: BPPT.
- [5] Firdaus, M. F. (2007, Juni 22). *Kajian Potensi Energi Surya di Indonesia*. Retrieved September 4, 2020, from icare indonesia: <https://icare-indonesia.org/kajian-potensi-energi-surya-di-indonesia-2/>
- [6] Global Solar Atlas. (2020, July 6). Retrieved from Global Solar Atlas : <https://globalsolaratlas.info/detail?c=-4.320251,119.793892,15&m=site&s=-4.321791,119.786081>
- [7] Goetama, A. Y. (2017). *Perencanaan Instalasi Penerangan Jalan Umum pada Jalan Soekarno Hatta Bontang*. 11-13. Samarinda: Politeknik Negeri Samarinda.
- [8] Khoiriyah, U. (2018). *Perencanaan dan Analisis Pembiayaan Penerangan Jalan (PJU)*. Surakarta: Universitas Negeri Surakarta.
- [9] Kementerian Energi Dan Sumber Daya Mineral Republik Indonesia. (2013). *Pembelian Tenaga Listrik Oleh Pt Pln Dari Pembangkit Listrik Tenaga Surya Fotovoltaik*. Jakarta: Kementrian Energi Dan Sumber Daya Mineral.
- [10] Kementerian Perhubungan Republik Indonesia. (2018). *Peraturan Menteri Republik Indonesia Nomor PM 27 tentang Alat Penerangan Jalan*. Jakarta: Kementrian Perhubungan.
- [11] Musbikhin. (2019, Januari 4). Retrieved September 4, 2020, from Musbikhin.com: <https://www.musbikhin.com/listrik-tenaga-surya/>
- [12] Oglesby C.H, d. R. (1988). *Teknik Jalan Raya Edisi ke empat*. Jakarta: Erlangga.
- [13] PT.Hexamitra. (2020, Agustus 20). *Hexamitra.co.id*. Retrieved from <https://www.hexamitra.co.id/pju-penerangan-jalan-umum-led.php>
- [14] Rustiadi, E. (2008). *Perencanaan dan Pengembangan Wilayah*. Bogor: IPB.
- [15] Sihombing, D. T., & Kasim, S. T. (2013). *Perencanaan sistem penerangan jalan umum dan taman di areal kampus usu dengan menggunakan teknologi tenaga surya (Aplikasi diarea pendopo dan lapangan parkir)*. Medan, Universitas Sumatera Utara.
- [16] Sri Yusmiati, E. (2014). *Energy Supply Solar Cell Pada Sistem Pengendali Portal Parkir Otomatis Berbasis Mikrokontroler At89s52*. Politeknik Negeri Sriwijaya: Diss.
- [17] Suandy, E. (2001). *Perencanaan Pajak* (Vol. Edisi 1). Jakarta: Salemba Empat.

- [18] Sundari, P., S, N. S., R, A. M., & Wardoyo, T. (2017). *Proposal Instalasi Penerangan Jalan Umum Tenaga Surya (Pjuts) Jalan Tol Probolinggo - Banyuwangi*. Bandung: Institut Teknologi Bandung.
- [19] Suwarno, F. F. (2016). *Optimasi Daya Keluaran Panel Surya dengan Maximum Power Point Tracking (MPPT) Berbasis Mikrokontroler*. Semarang: Universitas Dian Nuswantoro.
- [20] Triana, N. J. (2016). *Alat Pengisi Ulang (Charger) Portable Batterai Sepeda Motor Dengan Indikator Tampilan Melalui Lcd 16 X 2*. Politeknik Negeri Sriwijaya: Diss.